

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Optimalizace procesu údržby
technologie zpracování vápence**

Optimization of Maintenance Process
of Limestone Processing Technology

Student:

Jan Matuš

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Matuš**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Optimalizace procesu údržby technologie zpracování vápence**
Optimization of Maintenance Process of Limestone Processing Technology
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Přehled systémů údržby a variant jejich kombinací .
2. Metody řízení a informační systémy údržby.
3. Rozbor současného stavu údržby zpracovatelské technologie .
4. Inovativní návrh struktury údržby a jejího řízení .
5. Technické a ekonomické hodnocení návrhu .

Seznam doporučené odborné literatury:


MYKISKA, A. *Bezpečnost a spolehlivost technických systémů*. [skripta], Vydavatelství ČVUT, Praha 2004
STARÝ, I. *Teorie spolehlivosti*. Praha, ČVUT Praha, 1982
STUHLÝ, V. *Teorie údržby*, VŠDS Žilina, Žilina 1993, ISBN 80-7100-056-6
KAPLAN, R.; NORTON, D. *Alignment, systémové vyladění organizace*. Praha, Management Press, 2006. 305 s. ISBN 80-7261-155-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských, či náboženských obřadů, nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu užití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018



.....

Podpis autora práce

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MATUŠ, J. Optimalizace procesu údržby technologie zpracování vápence: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 51s. Vedoucí práce: Hrubý, J.

Bakalářská práce se zabývá problematikou údržby strojů, zařízení a technických objektů. Teoretická část práce je zaměřena na objasnění pojmu spolehlivost a klasifikaci typů poruch. Dále je uveden přehled systémů a metod řízení údržby s ohledem na jejich historický vývoj.

Praktická část bakalářské práce je věnována popisu výrobní společnosti Vápenka Vitošov, s. r. o. a analýze současného stavu provádění údržby. Poté jsou specifikovány jednotlivé nedostatky v řízení procesu údržby. Na základě zjištěných problémů je navržen inovativní návrh struktury údržby a jejího řízení. V závěru bakalářské práce je provedeno technické a ekonomické zhodnocení návrhu.

ANNOTATION OF BACHELAR THESIS

MATUŠ, J. Optimization of Maintenance proces of Limestone Processing Technology: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 51 p. Thesis head: Hrubý, J.

Bachelor thesis deals with the maintenance of machines, equipment and technical objects. The theoretical part of the thesis is focused on the clarification of the concept of reliability of technical devices and on the classification of types of faults. Furthermore, an overview of maintenance management systems and methods is provided with respect to their historical development.

The practical part of the bachelor thesis is devoted to the description of the production company Vapenka Vitosov, Ltd and to the analysis of the current state of maintenance. Then, the individual deficiencies of maintenance management are specified. Based on the problems identified, an innovative design of the maintenance structure and its management is proposed. At the end of the bachelor thesis, technical and economic evaluation of the proposal is carried out.

Obsah

Seznam použitých značek a symbol	1
Úvod	8
1 Údržba jako prostředek zvyšování spolehlivosti	9
1.1 Definice spolehlivosti	10
1.2 Klasifikace a typy poruch	10
1.3 Průběh intenzity poruch	12
2 Přehled systémů a metod údržby	13
2.1 Vývoj systémů údržby	13
2.1.1 Systém automatizované údržby	16
2.1.2 Totálně produktivní údržba	18
3 Rozbor současného stavu údržby v podniku Vápenka Vitošov, s. r. o	23
3.1 Základní informace o výrobní společnosti	23
3.1.1 Popis technologie zpracování vápence	24
3.1.2 Organizační struktura podniku	30
3.2 Analýza současného stavu procesu údržby.....	32
3.2.1 Pravidelné prohlídky a provádění údržby	32
3.2.2 Vedení technické dokumentace	33
3.2.3 Nákup materiálu a náhradních dílů	34
4 Inovativní návrh struktury údržby a jejího řízení	35
4.1 Souhrn základních problémů v systému údržby	35
4.2 Inovativní návrh řízení procesu údržby	36
4.2.1 Popis informačního systému údržby firmy Synergit, s. r. o.	36
4.2.2 Zvýšení kvality vstupních informací pro údržbu	39
5 Technické a ekonomické hodnocení návrhu	40
6 Závěr	42
7 Seznam použité literatury	45
8 Seznam příloh	46

Seznam použitých značek a symbolů

ISS – Informační systém spolehlivosti

ISÚ – Informační systém údržby

PPO – Systém plánovaných preventivních oprav

DIPP – Systém diferencované proporcionální péče

TPM – Totálně produktivní údržba

Úvod

Počátky procesu údržby jsou datovány hluboko v historii. Lidé si opravovali a udržovali svá nářadí již od pravěku, ve starověku jsou evidovány první zmínky o mechanických vynálezech a největší rozvoj techniky a technologií je uváděn od 2. poloviny 19. století. V této době docházelo k počátkům rozvoje elektrotechniky, dopravy a k mnoha zásadním objevům ve fyzice. S těmito pokroky se začala technika protěžovat a vyvíjet stále více. Přišel tak začátek průmyslové revoluce, která vyvolala hromadné zavádění strojů do výroby, docházelo k neustálému zvětšování počtu továren a vzniku průmyslových oblastí.

Zvyšováním požadavků na výrobu docházelo ruku v ruce k neustálému navyšování investičního majetku jednotlivých společností za účelem zvyšování produktivity a kvality výroby. Nároky kladené na výrobní technologie tak nebylo možné zabezpečit bez zavedení údržby jednotlivých zařízení a jejich celků.

Údržba se tak stala nedílnou součástí výrobní struktury podniků a mezi její hlavní cíle patří nejen plánování, přípravy a provádění oprav investičních zařízení, ale v neposlední řadě také odpovědnost za bezpečnost a spolehlivost technických systémů.

Dnešní doba moderních technologií umožňuje spojení informačních systémů spolehlivosti (ISS) a moderních technických diagnostických metod. Se stále zvyšujícím se důrazem na plynulost chodu výrobních linek a zvyšování kvantity výrobků by měla být věnována pozornost maximálnímu využití nejnovějších poznatků vědy a techniky. Jedině tak je možné dosáhnout zvýšení efektivity údržby a tím pádem i snižování nákladů výrobních procesů.

Obsahem bakalářské práce je problematika týkající se základních metod řízení a jednotlivých typů údržby. Dále je nastíněno, jakým způsobem je prováděna údržba a její řízení v podniku Vápenka Vitošov, s. r. o. a provedena analýza stávajícího řešení údržby a péče o majetek podniku.

Hlavním cílem bakalářské práce je provedení analýzy stávajícího řešení údržby podniku a inovativní návrh struktury údržby a jejího řízení. Závěrečná část bakalářské práce je věnována technickému a ekonomickému zhodnocení inovativního návrhu.

1 Údržba jako prostředek zvyšování spolehlivosti

Pojem spolehlivost a údržba zařízení jsou v dnešní době pojmy a k nim související procesy propojené a neodmyslitelně k sobě patřící. Výrobci navrhují stroje a zařízení, které v sobě od prvopočátku nesou určitou inherentní spolehlivost, která se ale v průběhu jejich životních etap projevuje různými vlastnostmi jako je poruchovost a míra udržovatelnosti. Právě tyto vlastnosti v průběhu užitečného života objektu nejvíce ovlivňuje údržba, která tak sehrává zásadní roli v zajišťování tzv. provozní spolehlivosti.

Systém údržby bychom mohli definovat jako obnovovací proces, jehož smyslem je systematické odstraňování důsledků fyzického, případně i ekonomického opotřebení jednotlivých prvků i celého systému zařízení, k němuž dochází v důsledku jeho využívání ve výrobním procesu při vynakládání optimálních nákladů. Vlastní systém údržby tedy představuje soubor prvků, které mají charakter organizačních, hmotných, finančních a jiných dat, která umožňují v daných podmínkách provádět údržbu tak, aby byla včasná, ekonomická a spolehlivá¹.

Hlavní cíle údržby

- zabezpečení provozuschopnosti a plynulosti provozu s minimem neplánovaných odstávek,
- udržení požadované míry bezpečnosti provozu,
- dosažení co nejvyšší efektivity jednotlivých výrobních celků,
- zajištění výroby v požadované kvalitě.

Činnost údržby začíná v momentě uvedení daného zařízení do provozu. Jejím úkolem je zabezpečení provozuschopnosti a spolehlivosti výrobního zařízení až do chvíle, kdy začne docházet k růstu intenzity poruch a zařízení dospěje ke své konečné fázi životního cyklu. To je ale jen jedna z podob údržby. Je dobré uvést, že mezi další činnosti údržby například patří i navrhování nových, inovativních řešení a strojů v daném provozu, provádění kompletní technické diagnostiky a zabezpečování pravidelných inspekčních a revizních činností a prohlídek.

Při hlubším studiu zjistíme, že celý proces údržby vychází z normy ČSN EN ISO 9000, která pojednává právě o pojmech spolehlivosti a bezpečnosti objektů a nastoluje jakousi strukturu systému řízení jakosti v organizacích.

V každém konkurenceschopném a moderním podniku by tedy mělo být na systém údržby nahlíženo jako na nedílnou součást výrobního procesu. Dle toho by se tedy měla odvíjet i výše investovaných finančních prostředků do technického vybavení a pravidelného proškolení pracovníků údržby.

1.1 Definice spolehlivosti

Spolehlivost se definuje jako obecná vlastnost (schopnost) výrobku plnit po stanovenou dobu požadované funkce při zachování provozních parametrů výrobku daných technickými podmínkami. Spolehlivost se vyjadřuje dílčími vlastnostmi, jako jsou bezporuchovost, životnost, opravitelnost, pohotovost a další. Tímto způsobem definovaná spolehlivost je široký pojem, zahrnující další vlastnosti. Jednou z nich je bezporuchovost definovaná jako vlastnost soustavy nebo prvku nepřetržitě zachovávat schopnost provozu ve stanovených podmínkách².

Východiskem řešení problematiky spolehlivosti objektů je zkoumání poruch a poruchových stavů v komplexním celku. Zjišťováním příčin vzniku a projevu poruch, jejich druhů, závislostí mezi nimi a hlavně vyhledáním možností těmto poruchovým stavům předcházet.

1.2 Klasifikace poruch

Mezi základní klasifikace poruch patří:

- **poruchy kritické** – jsou určující pro hodnocení bezpečnosti objektu, mohou způsobit úraz osob, značné materiální škody nebo jiné nepříjemné následky,
- **poruchy nekritické** – jsou východiskem pro hodnocení bezporuchovosti objektu, nezpůsobují úraz nebo jiné nepříjemné následky. Dále je rozlišujeme na závažné a nezávažné.

Další hlediska rozlišování poruch:

a) podle příčin vzniku:

- **konstrukční porucha (design failure)** – způsobena nesprávným návrhem, projektem nebo konstrukcí objektu,
- **výrobní porucha (manufacturing failure)** – způsobena neshodou výrobního provedení, nebo určených výrobních postupů s návrhem objektu
- **porucha z poddimenzování (weakness failure)** – způsobená poddimenzováním čili tzv. slabostí objektu (vlastním, vyvolaným), jestliže je objekt vystaven namáhání v rámci stanovené způsobilosti,
- **porucha způsobená stárnutím (ageing failure)** – porucha, jejíž pravděpodobnost výskytu vzrůstá s časem jako důsledek vnitřních procesů objektu,
- **porucha způsobená opotřebením (wearout failure)** – porucha, jejíž pravděpodobnost výskytu vzrůstá s časem jako důsledek vnitřních procesů
- **porucha z nesprávného použití (misuse failure)** – způsobená používáním při namáháních, překračujících stanovenou způsobilost objektu,
- **porucha z nesprávného zacházení (mishandling failure)** – způsobená nesprávným zacházením s objektem, nebo nedostatkem péče o objekt,
- **systematická porucha (systematic failure)** – porucha, kterou jednoznačně způsobila určitá příčina a kterou je možno odstranit jen změnou návrhu, projektu, nebo konstrukce výrobního procesu, provozu, dokumentace nebo jiných souvisejících činitelů.

b) Podle závislosti jedné poruchy na druhé:

- **nezávislá porucha (primary failure)** – porucha objektu, nezpůsobená přímo ani nepřímo poruchou nebo poruchovým stavem jiného objektu.
- **závislá porucha (secondary failure)** – porucha objektu, způsobená buď přímo nebo nepřímo poruchou nebo poruchovým stavem jiného objektu.

c) Podle časového průběhu charakteristik objektu:

- **náhlá porucha (sudden failure)** – porucha, která nemohla být očekávána na základě předchozího zkoumání nebo sledování,
- **postupná porucha (gradual, drift failure)** – porucha, způsobená postupnou změnou daných charakteristik objektu v čase.

d) Z hlediska stupně narušení provozuschopnosti objektu:

- **úplná porucha (complete failure)** – porucha, způsobující úplnou neschopnost objektu plnit všechny požadované funkce,
- **částečná porucha (partial failure)** – porucha, způsobující neschopnost objektu plnit některé, nikoliv však všechny požadované funkce.

e) Kombinací obou těchto hledisek jsou definovány:

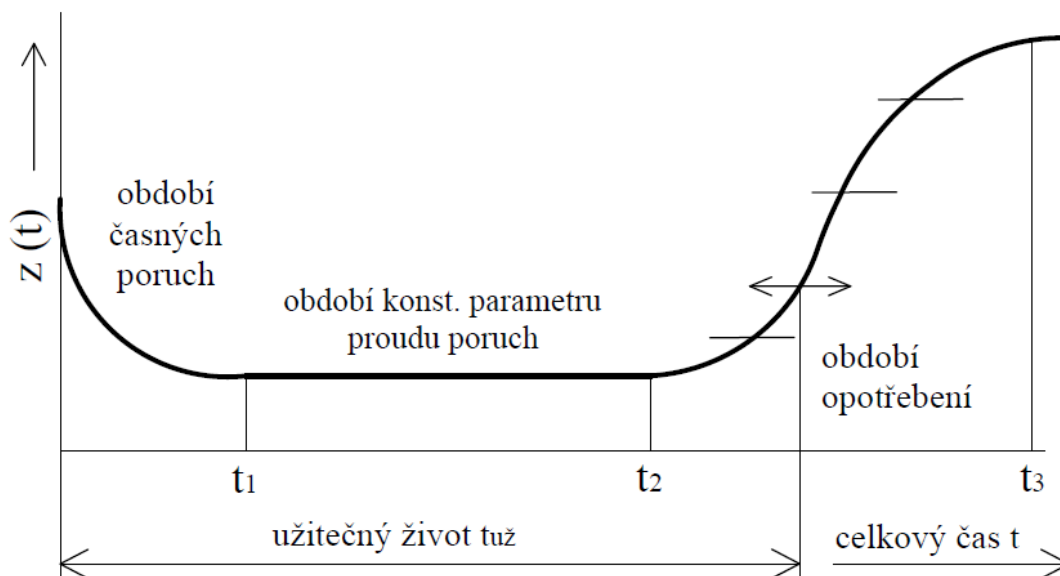
- **havarijní porucha (cataleptic, catastrophie failure)** jako náhlá a úplná,
- **degradační porucha (degradation failure)** jako postupná a částečná³.

1.3 Průběh intenzity poruch

Na níže uvedeném grafu je vidět průběh závislosti intenzity poruch na čase, tzv. „vanová křivka“. Je očividné, že počáteční fáze života objektu je provázena zvýšeným výskytem poruch.

Tato fáze je charakterizována obdobím časných poruch, které vznikají zejména díky poddimenzování a nedostatkům v konstrukci a při výrobě objektu. Jedná se o nedostatky, na které nebylo možné přijít běžnými postupy kontrol a zkoumáním objektů při výrobě.

Právě až uvedení objektu do reálného provozu a zatížení tyto skryté vady ukáže.



Obrázek 1 – Grafické znázornění intenzity poruch

Pokud se tyto vady podaří odstranit, následuje další fáze a to období konstantního parametru proudu poruch. Toto období je nazýváno obdobím normálního provozu a míra intenzity poruch je zde přibližně konstantní.

Pokud dojde v tomto časovém intervalu k poruše, tak je většinou způsobena náhodným mechanismem a je jasné, že časová délka tohoto intervalu se odvíjí od kvality a míry udržitelnosti daného objektu.

Za poslední fázi životní etapy objektu je zařazováno období opotřebení, nebo též nazývané obdobím dožívání objektu. **To je charakteristické zvyšující se intenzitou poruch v závislosti na čase, díky působení stárnutí, opotřebení a koroze.**

Při tomto závěrečném období života je potřeba dobře zvážit další užívání objektu, neboť dochází ke stále častějším výpadkům provozu a narůstá ekonomická náročnost udržitelnosti daného objektu v činnosti. Ta je optimální pouze v rámci intervalu užitečného života $t_{už}$, který začíná od daného časového okamžiku a končí v okamžiku, kdy je intenzita poruch nepřijatelná, nebo se objekt nachází v neopravitelném stavu.

1 Přehled systémů a metod údržby

2.1 Vývoj systémů údržby

a) Systém údržby po poruše

Prostředky výroby jsou provozovány bez velkých nároků a nákladů na údržbu, respektive bez údržbářských zásahů většího rozsahu až do doby poruchy nebo havárie. Daná koncepce je naprosto nevhodná a znemožňuje jakékoliv zavedení systémového řešení údržby. Lze použít pouze u absolutně nedůležitých zařízení, které nenaruší svým výpadkem výrobní proces⁴.

b) Systém plánovaných preventivních oprav (PPO)

Po uplynutí předem stanoveného časového cyklu se provádí plánovaná preventivní prohlídka a plánovaná preventivní oprava.

Rozhodujícím ukazatelem je zde cyklus oprav a prohlídek definovaný jako časový interval mezi pořízením zařízení a generální opravou.

V provozní praxi je znám nejčastěji pod označením PPO, který začíná formou tzv. týdenních preventivních kontrol, pokračuje přes čtvrtletní opravy (revize), pololetní opravy a roční opravy až k uzavření cyklu generální opravou⁴.

Systém PPO by se dal charakterizovat pevně stanovenými časy a intervaly oprav a inspekci **bez aktuálního ohledu na skutečný technický stav zařízení a objektů, což není optimální řešení.**

Výhodou tohoto systému je naopak skutečnost, že jsou v dostatečném výhledu známy termíny plánovaných oprav jednotlivých strojů. Díky tomu je možné koordinovat plán údržby s plánem výroby, stanovit potřeby počtu pracovních sil a nutných náhradních dílů k výměně – plánovat tak náklady na údržbu s dostatečným předstihem.

Díky PPO můžeme sledovat technický stav jednotlivých strojů po určitém počtu odpracovaných hodin a utvářet si tak evidenci o jejich provozu a přehled o kvalitě použitých náhradních dílů.

c) Systém diferencované proporcionální péče (DIPP)

Stroje a zařízení žádného výrobního subjektu netvoří homogenní soubor, ale dílčí soubory různého významu, různých vlastností, různé v projektované životnosti, různého provozního zatížení, různého časového využití apod., což zákonitě vedlo k diferencovanému přístupu k provádění údržby.

Stanovujeme:

- stupeň složitosti strojů,
- stupeň technické úrovně,
- technický stav na základě zjevných znaků opotřebení,
- úroveň opravitelnosti (rozsah, náročnost a možnost údržby),

tzn. plánování a stanovení údržbářských procesů už probíhá na určitém základě všeobecně známých intenzifikačních faktorů (diferenciace, preventivnost, plánovitost, komplexnost, proporcionalita, interaktivnost)⁵.

Tento systém údržby bývá v zahraničí označován jako tzv. **produktivní údržba**, pro kterou je charakteristické řízení na základě nákladů a poruchovosti. Existuje zde také zpětná vazba mezi provozem a konstrukcí.

d) Systém diagnostické údržby

Tento systém údržby je první, který respektuje skutečný technický stav objektivizovaný metodami technické diagnostiky. Stroje a zařízení jsou odstavovány pouze tehdy, když dosáhli mezní fáze opotřebení, či překročily meze přípustné tolerance. Metodami technické diagnostiky je detekována porucha, lokalizuje se místo možného defektu a specifikuje druh defektu. Diagnostická měření jsou prováděna formou kontrolně inspekční činnosti v časových cyklech, na objednávku nebo monitorováním.

Tento systém údržby je tedy kvalitativně novým systémem údržby, postaveným na údržbě strojů a zařízení podle jejich skutečného technického stavu objektivně zjišťovaného metodami technické diagnostiky⁵.

Systém diagnostické údržby bývá často označován jako **mezní údržba**, odvozeně od mezního stavu měřeného diagnostického parametru.

e) Systém prognostické údržby

Uvedený systém údržby logicky navazuje na předchozí systém diagnostické údržby, resp. je jeho pokračováním. Naměřených diagnostických parametrů není využito pouze k vyhodnocení momentálního technického stavu, ale na základě trendů je prováděna predikce (prognóza) určení tzv. zbytkové životnosti diagnostikovaného objektu, resp. čas do následně nutné opravy. Vlastní zbytková životnost je určována trendovou analýzou analytickým měřícím systémem, resp. pomocí expertních systémů.

Tento systém údržby vyžaduje dokonalou měřicí přístrojovou techniku z oblasti technické diagnostiky, tzn.: představuje pokrokový systém údržby po stránce technické, která je zde použita k objektivizaci kontrolně inspekční činnosti a prognóze technického stavu udržovaného objektu.

Je tak umožněno výrazně zdokonalit řízení údržby v souladu s požadavky výroby, respektive sladit odstávky technologické s odstávkami pro údržbu a samozřejmě předcházet haváriím se všemi následnými důsledky⁵.

Často bývá tento typ údržby označován jako **systém údržby podle skutečného stavu** a spojení údržby diagnostické a prognostické bývá označováno jako **eliminační údržba**.

2.1.1 Systém automatizované údržby (ISS,ISÚ)

Systém údržby, který umožňuje její řízení v reálném čase. V dnešní době počítačových technologií jde právě o použití informačních systémů sloužících ke sběru, zpracování a přenášení informací, které jsou nezbytně nutné k účinnému a správnému rozhodování při řízení procesu údržby.

ISÚ je prostředkem, kterým je umožněno informace sbírat, ukládat, aktualizovat a zpracovávat. Je základním východiskem při řešení jednotlivých problémů a úkolů managementu organizace na různých úrovních organizační struktury.

V zásadě je tedy nutné řešit několik rozsáhlých skupin problémů:

- jaké informace, kolik a odkud získávat,
- kdy, komu a které informace předávat,
- jak dlouho a jaké získané informace archivovat a aktualizovat.

Rozdělení základních tří konceptů informačního systému údržby:

- **modulární** – je zaměřena na řešení daného, izolovaného problému,
- **systémovou** – řeší jednotlivé problémy ve všech jejich vazbách a souvislostech,
- **kombinovanou modulárně systémovou** – systémové pojetí projektového řešení s možností zavádět jej modulárně. Jednotlivé moduly lze vzájemně propojovat v jedné společné databázi.

Při navrhování koncepce ISÚ je tedy vždy nutné vycházet z konkrétních technických a programových prostředků, jež se budou v organizaci k získávání a zpracování dat a informací využívat.

ISÚ musí být schopen nejen evidovat všechna potřebná data o udržovaných objektech a jejich údržbách, ale zároveň z nich poskytovat podklady pro operativní řízení údržby a analýzy systémů údržeb. Dobře vytvořený ISÚ by měl současně řadu analýz provádět automaticky a na základě jejich výsledků upozorňovat manažera údržby na slabá místa systému údržby. Základní vstupní informace, ukládané do databází, by především měly dát odpovědi na následující otázky:

- **CO (udržovat)**
Báze udržovaných objektů včetně cyklu preventivních údržeb, diagnostických měření, postupů řešení havarijních poruch.
- **KDY**
Báze intervalů údržeb, varovných a mezních diagnostických signálů.
- **KDO**
Báze pracovníků údržby včetně kvalifikace, báze outsourcových firem.
- **JAK**
Báze údržbářských postupů, včetně potřebných pomůcek, náradí, měřících přístrojů.

- **ČÍM**

Báze materiálu a náhradních dílů, použitých při údržbě.

- **ZA KOLIK**

Báze nákladů na údržbu včetně jejich členění.

Pro plné a efektivní využití ISÚ by měl tento systém obsahovat všechny potřebné vstupní informace. Počínaje plánováním preventivních údržeb, kde základním stavebním kamenem jsou znalosti údržbářských intervalů strojů a zařízení, ale také pravidelná diagnostika technických parametrů sledovaných objektů.

Jedná se o vstupní informace, které se neustále mění, neboť máme zařízení, která jsou pro provoz prioritní, a je na nich postavena funkce celé výrobní linky. Prioritou je pravidelné sledování technického stavu těchto zařízení pomocí diagnostických metod. Naopak jsou zařízení, která svojí funkcí neovlivňují hlavní výrobní proces, tudíž na nich lze vykonávat údržbu jen v pravidelných časových intervalech.

Dalším proměnným vstupním signálem je stáří stroje. Intervaly pravidelných prohlídek a údržby je třeba přizpůsobovat právě tomuto faktoru, neboť každý stroj a zařízení stárne a v důsledku tohoto se zvětšuje pravděpodobnost poruchy.

Při průběžných korekcích intervalů údržby na základě těchto poznatků je využití ISÚ velkým přínosem, neboť vhodně zavedený program dovede provádět a korigovat tyto změny sám, nebo formou návrhu uživateli, který změnu intervalu buď potvrdí, nebo odmítne.

2.1.3 Totálně produktivní údržba (TPM)

Japonec Seiici Nakajima se zasloužil o zavedení tohoto systému. V 70. letech zpracoval systém optimálního udržování strojů a implementoval ho do výrobní společnosti jako součást strategie progresivní ekonomické výroby. V podstatě se jedná o systém moderní údržby, který zaujímá a spojuje aktivity všech pracovníků podniku, prováděné s cílem provozovat stroje v optimálních podmínkách a maximalizovat tak využití výrobních strojů.

Hlavní myšlenkou je využití sledovaných abnormalit v chodu stroje, které zaznamená právě jeho vlastní obsluha, která je se strojem v každodenním kontaktu. Ideální tedy je, aby pracovníci, kteří stroj obsluhují, uměli rozeznat stav blízky poruše a při objevení abnormality v provozu stroje upozornili údržbáře. Je tedy důležité, aby docházelo ke vzájemné aktivní spolupráci mezi pracovníky výroby a údržby a vznikaly tak ucelené týmy lidí.

TPM je součástí procesu permanentního zlepšování, kde se co nejvíce využívá organizace práce na pracovištích, standardizace, vizuálního zveřejňování dosažených výsledků na nástěnkách a procesu řešení problémů. TPM musí být řízena a podporována lidmi z výroby vzájemně s úsekem údržby, konstrukce, projekce, oddělením kvality apod. tak, aby pracovali společně a byli rovnocennými partnery se společným cílem. Tím je snižování ztrát a zvyšování produktivity a její kvality.

Cíl TPM – snižování ztrát

Analýzou výrobního procesu se dá charakterizovat šest typů ztrát. Na cestě k většímu úspěchu firmy leží tzv. velké ztráty ve výrobě, jež nejsou nemalé náklady a tím snižují možný úspěch firmy na trhu.

Skutečné náklady jsou podobné ledovci, velká část nákladů je skrytá pod hladinou, objektivně měřitelné jsou jen z jedné osminy. Většina, tedy sedm osmin jsou skryté v šesti velkých typech ztrát:

- Poruchy a neplánované prostoje – tyto ztráty jsou zapříčiněny poruchou stroje nebo jiným neplánovaným odstavením stroje, například z důvodu nedostatku materiálu, chybějícími lidmi pro obsluhu nebo poruchou jiného stroje ve výrobní lince.

- Přestavby, doba seřizování – tato ztráta vzniká při náběhu jiného sortimentu výroby na stroji. Vznikají prostojové časy, kdy stroje ještě nevyrábějí, ale běží náklady na obsluhu, energie, čekají další stroje v lince.
- Krátkodobé přestávky – vznikající z nutnosti opakovat některé operace z důvodů chyb stroje nebo operátora např. opakované upínání a zavážení výrobků do stroje.
- Ztráty rychlosti výrobního zařízení – tyto ztráty vznikají při využívání menší než je optimální. Důvodem mohou být drobné vady na strojním zařízení nebo malá zkušenost obsluhujících pracovníků.
- Nejakostní výroba – tato ztráta vychází např. z času nutného na opakovanou výrobu nového výrobku s odpovídající jakostí, ztrácí se např. energie spotřebovaná na výrobu nejakostního a tedy i neprodejného výrobku nebo vznikají vícenáklady na jeho opravu.
- Rozjezd po poruchách – ztráty vzniklé při zbytečných nových seřizeních strojů po odstranění poruchy, kdy může vznikat nejakostní výroba nebo stroj pro krátkou nejede na sto procent možností.

Pro eliminaci těchto ztrát a pro eliminaci nákladů, které takto ve výrobě vznikají zcela cyklicky, je třeba použít všeobecně známé postupy. Pomocí nich je zapotřebí cyklus vzniku ztrát rozvrhnout.

- Je zapotřebí vzít na vědomí skryté náklady zapříčiněné přístupem za účelem „rychlého“ odstranění závad na zařízení.
- Nepřijmout opakující se závady na zařízení, ale přerušit jejich cyklus.
- Použít vlastní smysly k odhalení závad na zařízení.
- Uvědomit si, že obsluha strojů a údržbáři jsou odborníci, kteří mohou rozhodnout, jak provozovat a udržovat zařízení tím nejlepším způsobem.
- Základem úspěchu je práce v týmech a ve spolupráci mezi nimi,
- Společně můžeme měřit přínos, stanovit a udržovat optimální stav a soustavně zlepšovat výrobní zařízení⁶.

Hodnocení celkové efektivnosti zařízení

Celková efektivnost zařízení (CEZ) – *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* je funkcí ztrát, které jsou způsobeny poruchami (přerušeními), ztrátami výkonu vlivem redukované rychlosti a seřizovacími časy a také nízkou kvalitou vyráběných výrobků. Maximalizaci efektivnosti zařízení a minimalizaci nákladů v průběhu jejich životního cyklu je možné v TPM zajistit eliminací **šesti hlavních ztrát**, které podstatně ovlivňují efektivnost zařízení.

Prostoje

1. Poruchy vyplívající z chyb na zařízení.
2. Přestavování a seřizování (výměna přípravku, nástroje apod.).

Ztráty rychlosti

3. Nečinnost, běh na prázdko a malé přestávky (abnormální činnost senzorů, blokování ve skluzech apod.).
4. Redukce rychlosti (nesoulad mezi navrženou a skutečnou rychlostí zařízení).

Chyby

5. Chyby v procesech a opravy (neshodné výrobky a nedostatky v kvalitě, které potřebují opravu).
6. Redukce času mezi startem stroje a stabilním provozem

$$CEZ = A \times E \times Q$$

kde: A – součinitel pohotovosti

E – součinitel výkonnosti

Q – součinitel kvality⁷

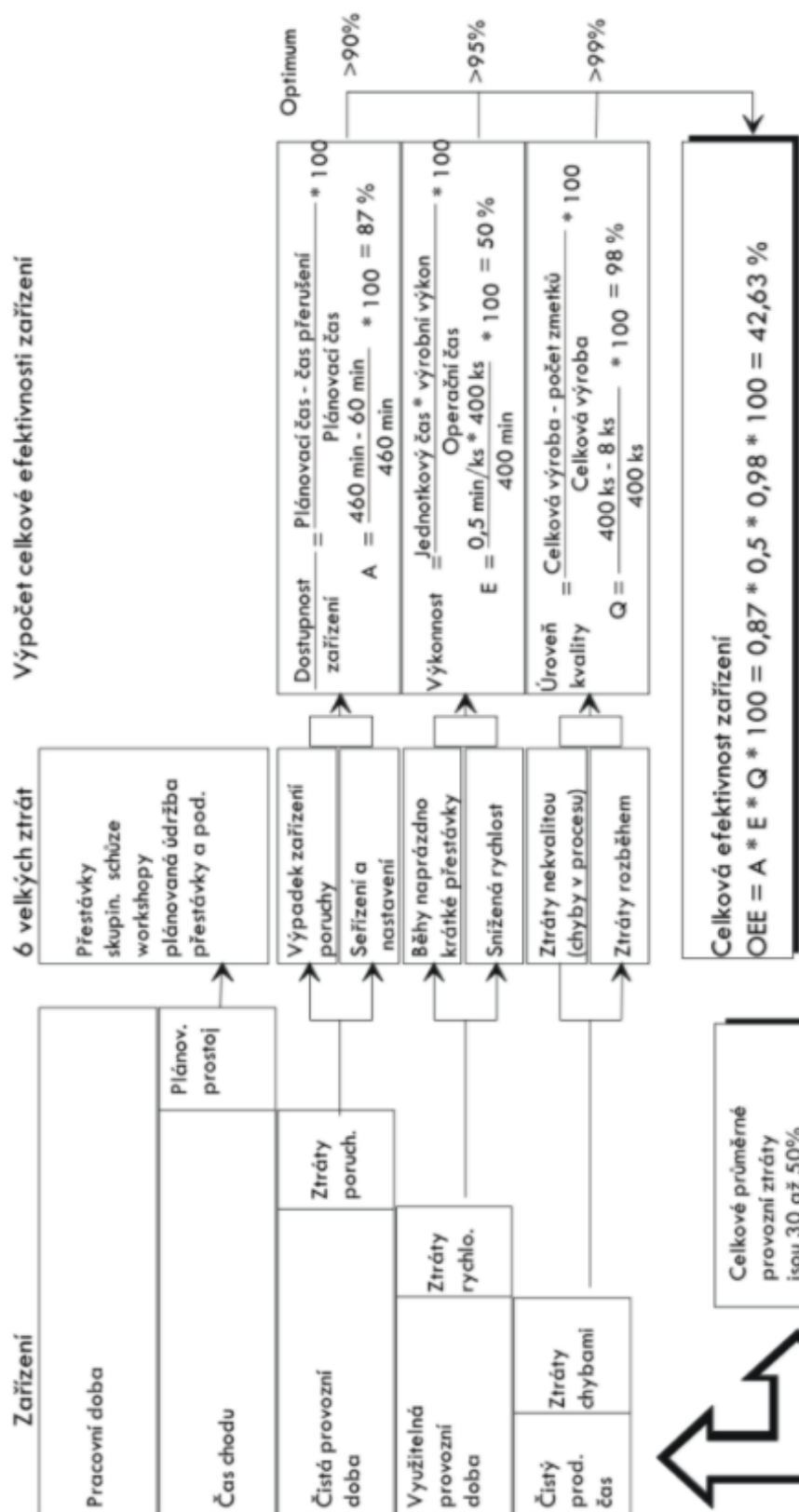
$$A = \frac{\text{plánovaný čas provozu} - \text{čas přerušení}}{\text{plánovaný čas provozu}}$$

$$E = \frac{\text{normovaný čas na kus} \times \text{počet vyrobených kusů}}{\text{skutečný operační čas}}$$

kde: skutečný operační čas = plánovaný čas provozu – čas přerušení

čas přerušení = údržba po poruše + seřízení

$$Q = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - \text{počet vadných kusů}}{\text{počet vyrobených kusů}}$$



Obrázek 2 – Výpočet celkové efektivnosti zařízení

3 Rozbor současného stavu údržby v podniku Vápenka Vitošov, s. r. o.

3.1 Základní informace o výrobní společnosti

Vápenka Vitošov, s. r. o. se nachází na Severní Moravě v okrese Šumperk, přibližně 7 kilometrů od Zábřehu na Moravě a patří mezi tři největší vápenky v České Republice. Začátek průmyslové výroby vápna v lokalitě Vitošov se datuje rokem 1872, kdy zde byla postavena první šachtová pec. Stáří velmi kvalitního vitošovského vápence je odhadováno geology na 350 - 400 milionů let.

Od roku 1993 spadá Vápenka Vitošov, s.r.o. pod německou firmu Fels-Werke GmbH., která se stala v roce 2017 součástí nadnárodního koncernu CRH Group, který je druhým největším výrobcem stavebních materiálů na světě, působí v oblastech výroby kameniva, cementu, asfaltu, betonu a vápna. Tento koncern zaměstnává přes 87 000 zaměstnanců na více než 3 800 místech na světě.

Základní sortiment tvoří vápenné a vápencové produkty určené pro hutní, chemický a energetický průmysl, zemědělství a ekologii. Díky vysoké kvalitě vápence se zařadila Vápenka Vitošov, s. r. o. jako významný partner největších hutních závodů v České Republice. Právě kusové vápno a vápenné brikety jsou nezbytnými komponenty pro výrobu železa a představují největší část produkce podniku.

Vápno i vápenný hydrát nachází využití ve stavebnictví, nicméně v poslední době jsou nahrazovány stále větší mírou produkty systémů maltových a omítkových směsí Salith, který je tak nejvýznamnějším značkovým výrobkem podniku v této oblasti.

Vitošovské mleté vápence a vápno jsou používány i v chemickém, textilním a farmaceutickém průmyslu a to buď přímo jako komponenty ve výrobním procesu, nebo pro neutralizaci kyselin. Některé z výrobků jsou exportovány do SRN, Rakouska, Polska a na Slovensko.



Obrázek 3 – Lom Vitošov z ptačí perspektivy

3.1.1 Popis technologie zpracování vápence

Těžba vápence je prováděna etážovým způsobem shora dolů za použití technologie rozpojování pomocí trhacích prací. Tento způsob je prováděn s ohledem na geologické poměry ložiska, bezpečnost a hygienu práce.

Dobývací práce sestávají z těchto základních operací:

- skryvkové práce
- vrtání
- rozpojování vápence formou clonových odstřelů
- nakládání
- dopravou materiálu do kuželového drtiče

Nakládání a doprava je zabezpečena kolovými nakladači Volvo na dempry značky Caterpillar o nosnosti až 60 tun, které vytěžený materiál dopravují do kuželového drtiče.



Obrázek 4 – Nakládka horniny

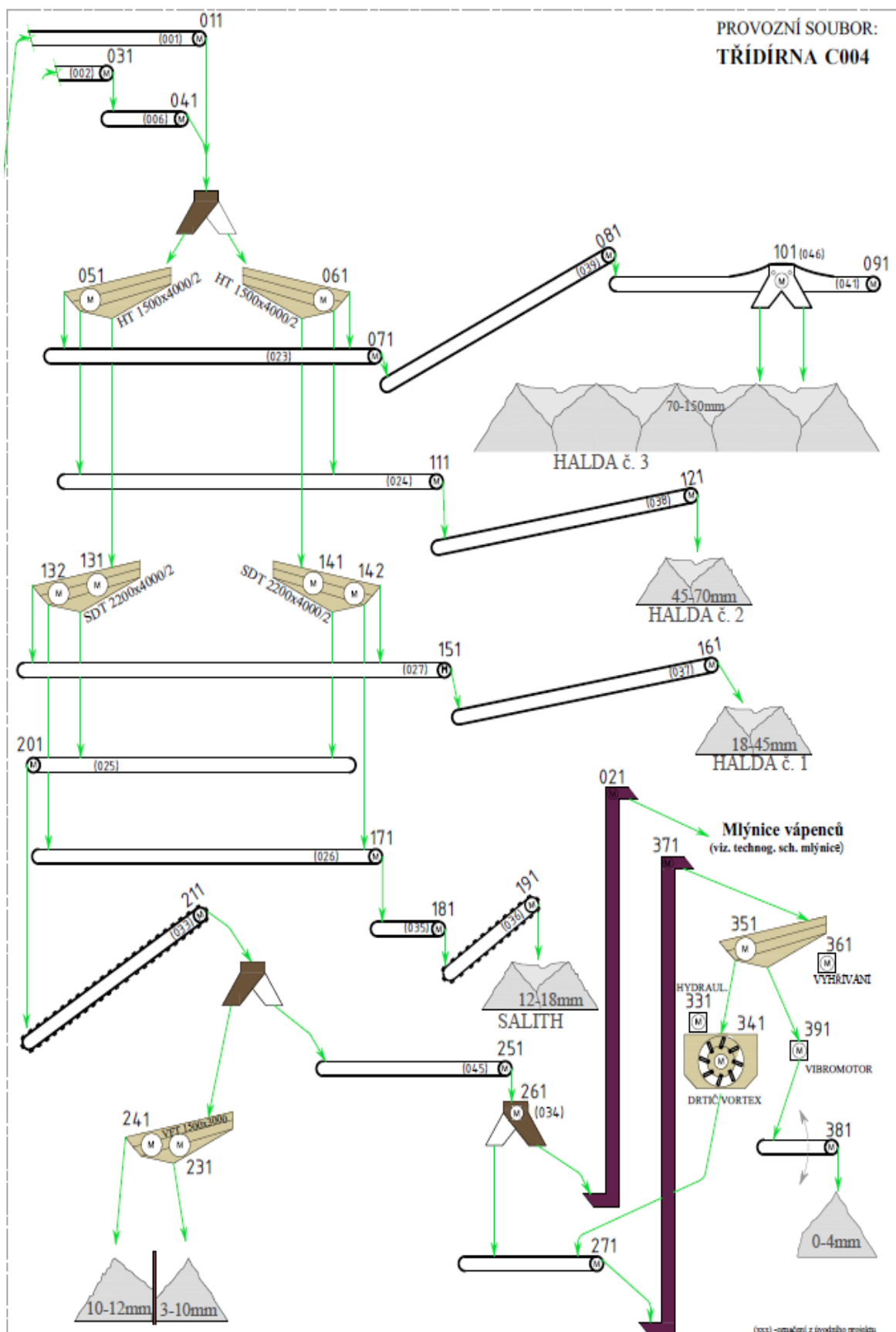
Kuželový drtič, který je schopen zpracovávat materiál frakce až 1200 mm, včetně zahlinění, pohání dva 250 kW elektromotory a je to začátek technologické cesty drcení vápenců. Drcený materiál pokračuje stolovým podavačem, pasovým dopravníkem přes hrubý třídič až k čelistovému drtiči. Zde dochází k druhému stupni drcení vápenců, které mají frakci větší než 150 mm.



Obrázek 6 – Kuželový drtič pro I. stupeň zpracování vápence

Na technologii drcení vápenců navazuje technologická linka úpravy vápenců. Tu tvoří soustava dopravních pasů a třídičů. Mezi tyto dva technologické soubory je v období od jara do zimy včleněna provozní linka praní vápenců, která je určena k praní vápenců znečištěných jílovitými příměsi s průměrným zahliněním do 40 %. Technologická linka praní vápenců je složena ze žlabových podavačů, pasových dopravníků, bubnové pračky, třídičů, čerpadel, dehydrátoru a hydro-cyklonu. Tyto zařízení se neobejdou bez doprovodných zařízení, jako jsou různé uzavírací a regulační prvky vodních rozvodů a měřící a regulační technika.

Výstupní materiál z této technologie zpracování má pak podobu čistého vápencového kameniva a je zavážen na třídící věž. Tam se vápenec třídí na sedm frakcí, z nichž nejdůležitější jsou tři (18 – 150 mm), které jsou zaváženy ke zpracování do vysokých pecí švýcarské firmy Maerz. V těchto třech vysokých pecích probíhá proces vypalování vápence na vápno při teplotách 850 – 1150°C. Pece č. 1 a č. 2 jsou tří-šachtové a dovedou produkovat denní výkon až 270 tun. Pec č. 3 je dvou-šachtová a její denní produkce činí až 600 tun, což ji řadí mezi nejvýkonnější vápenické pece v Evropě.



Obrázek 7 – Technologie provozního souboru třídicírna vápence

Frakce 12 – 18 mm je použita pro středisko systému suchých omítkových směsí Salith kam se dopravuje za pomoci vlastní vagonové dopravy. Ta je realizována výsypnými vagony do násypky. Odtud už putuje materiál tradiční cestou pomocí žlabového podavače a dopravního pasu do rotační bubnové sušárny firmy Pffeifer. Ta je vybavena spalovací komorou s plynovým hořákem firmy Weishaupt na zemní plyn a materiál je do ní dopravován řízeně za pomoci vibračních žlabů. Během tohoto procesu je potřeba zajistit odprašování sušárny, což je realizováno odsáváním za pomoci filtru s ventilátorem. Odprašky jsou poté šnekovým dopravníkem dopraveny zpět do výrobního procesu.

Ve vyústění sušárny se nachází klapka, kterou je možné regulovat množství materiálu spadajícího do mlýna, nebo šnekového dopravníku za mlýnem. Po zpracování mlýnem se materiál třídí a dopravuje na střechu budovy, kde je uložen v silech.

Z těchto sil se vápenec a písky dávkuje pomocí zařízení firmy OAS na váhu č. 1. Váha č. 2 slouží k dávkování komponentů vápenného hydrátu a cementů. Podle požadované receptury se určuje množství každé složky směsi, a jakmile dojde k ukončení procesu vážení, tak je materiál postupně přepravován do míchacího zařízení. Po promíchání je dávka vpuštěna do zásobníku míchacího zařízení a z toho jsou pak možné dvě cesty.

a) možnost balení do pytlů díky automatizované tříventilové baličce s robotickou rukou. Pytle jsou pak automatizovanou linkou přepraveny a poskládány na palety,

b) formou volně ložených směsí plnicími hubicemi do autocisteren nebo přepravních zásobníků.

Zbývající frakce z provozu třídiřny vápenců nacházejí využití v technologickém provozu mlýnice vápence. Tam je vápenec dopravován pomocí pasových dopravníků, nebo kolovým nakladačem z volné skládky do násypky. Materiál se pak dopravuje na střechu budovy pomocí korečkového elevátoru, pokračuje soustavou pasových dopravníků do zásobníků a pasových vah, které řídí množství materiálu, jenž je dopravován do jednoho z mlýnů. Kotoučového mlýnu Premill, nebo primárně využívaného jednokomorového mlýna s vlastním elektropohonem, který pracuje s napětím 6 kV.

Vzdušný proud unáší tento pomletý materiál přes větrný třídič, kde dochází k odloučení hrubších částic, které se vrací zpět do procesu mletí. Částice požadované hrubosti jsou dále unášeny do cyklonů a odtud soustavou šnekových dopravníků nebo pneumatickou dopravou do zásobníků. Další část materiálu se odlučuje na filtrech a je dopravena též do zásobníků. Vytříděný mletý vápenec se nakládá do vagónů nebo autocisteren.

I v tomto provozu se naplno využívá principů vzduchotechniky, rozvodů vody a oleje, uzavíracích armatur, klapek, kompresorů, regulační a měřicí techniky a dalších zařízení.

Jednotlivé provozy zpracování a úpravy vápenců jsou fyzicky a technologicky propojeny a řízení celé technologie je uskutečňováno a automatizováno pomocí řídicího systému Simatic, firmy Siemens.

3.1.2 Organizační struktura podniku

V podniku je využito typicky liniově-štábní organizační struktury, kterou jako základ tvoří liniové útvary v čele s liniovými vedoucími. Pro každý stupeň řízení je pověřen jeden vedoucí, což zjednodušuje řídicí vztahy v podniku. Na druhou stranu jsou ale kladeny vysoké nároky na vedoucí pracovníky, kteří musí být vybaveni zkušenostmi a vysokou odborností.

Ve výrobním podniku je k 1.4.2018 zaměstnáno 163 lidí, z toho útvar údržby zaujímá 39 pracovníků.

- Mechanická údržba lom – 10 pracovníků
- Elektro-údržba lom – 5 pracovníků
- Mechanická údržba vápenka – 15 pracovníků
- Elektro-údržba vápenka – 9 pracovníků



Obrázek 6 – Organizační struktura podniku

3.2 Analýza současného stavu procesu údržby

Z výše uvedeného vyplývá, že údržba ve Vápence Vitošov, s. r. o. patří mezi důležité útvary, které se starají o plynulý chod firmy. Je zařazena do úseku výroby a spadá pod vedoucí pozici výrobního náměstka.

Je rozdělena na údržbu mechanickou a elektro. Obě tyto údržby jsou ještě rozděleny na dva úseky – údržba technologického celku vápenky a údržba technologického celku lom. Elektro-údržba je vedena dvěma pracovníky na pozici mistr elektro a zámečnická část má své mistry a vedoucího mechanické údržby.

3.2.1 Pravidelné prohlídky a provádění údržby

Mezi hlavní činnosti obsluhy úpravny vápence patří provádění mazání strojních částí a pasové dopravy dle mazacího plánu, udržování pořádku na pracovišti, ale také průběžná vizuální kontrola jednotlivých zařízení. Jedná se o inspekční prohlídky zařízení, které bývají hlavním zdrojem vstupních informací pro provádění následné údržby.

Pokud při těchto prohlídkách dojde k odhalení drobných závad, je obsluha schopna tyto závady vyřešit bez přítomnosti a zásahu údržby. Děje se to vždy s ohledem na bezpečnost osob v provozu a dochází díky tomu ke krátkým odstávkám provozní linky během jednotlivých směn. Jedná se o metodu opravy po prohlídce a zároveň jde i o jednu z nejpoužívanějších metod údržby v podniku. Charakterově by se tento typ údržby dal nazvat údržbou autonomní.

Další metodou provádění údržby jsou opravy po poruše, které jsou poslední dobou bohužel velmi časté a je to zároveň i jeden z ukazatelů stavu provádění preventivní údržby v podniku. Četnost těchto poruchových stavů se v poslední době zvýšila díky minimu odstávek výrobní linky, na kterou jsou kladeny vysoké výrobní nároky. Provádění preventivní údržby je tak omezeno na minimum, přitom ekonomická nevýhodnost metody oprav po poruše je už léty prokázána.

V roce 2015 došlo v podniku k personálnímu auditu, jehož výsledkem byla redukce zaměstnanců. Dva velíny provozu úpravny vápence byly sloučeny do jednoho, bylo ušetřeno jednoho operátora výroby a dvou pracovníků obsluhy. Úpravna vápence ale není jediný provoz, který byl tímto způsobem postižen. Zeštíhlení se týkalo celé struktury podniku, zejména však dělnické výrobní sféry.

Náhradou za pracovní síly byly uvolněny finanční prostředky k realizaci vyšší automatizace provozu. Zvýšil se počet kamer sledujících kritická místa provozních linek, ručně ovládané regulační ventily vodní cesty byly nahrazeny automaticky ovládanými servo-pohony s regulací řídicím systémem a zavedl se centrální systém mazání od firmy Hennlich Cema-Tech. Obsluze tak byl ušetřen čas, který byl spojen s těmito činnostmi.

Komplexně lze shrnout provádění údržby v podniku na tyto základní segmenty:

- Autonomní údržba prováděná obsluhou za doprovodu krátkých odstávek výrobních zařízení a úseků provozu.
- Údržba opravami po poruše prováděná týmy údržbářů ve spolupráci s obsluhou provozních linek.
- Předem plánovaná údržba prováděná údržbáři, která vychází z inspekčních prohlídek zařízení a jejich příslušenství.
- Plánované rozsáhlejší generální opravy a údržby prováděné smluvní externí firmou ve spolupráci s podnikovými údržbáři.

3.2.2 Vedení technické dokumentace

Veškerá technická dokumentace je vedena investičním technikem, technikem mechanické konstrukce a mistry. Ve většině případů se jedná o papírovou podobu výrobní dokumentace zakoupených zařízení a strojů, návody k obsluze, elektro-dokumentaci, mazací plány a výrobní výkresy.

V poslední době se daří zejména elektro-dokumentaci a výkresy vést v elektronické formě. Prováděné změny v zapojení, popř. inovace zařízení tak lze ihned vkládat do dokumentace v papírové podobě. Ta je k dispozici všem elektrikářům a je důležité, aby byla zajištěna její aktuálnost.

Pracovníci elektroúdržby si vedou svoje vlastní knihy údržby, kde zapisují provedenou údržbu na elektrických zařízeních. Tato údržba se provádí při plánovaných odstávkách provozu a vzhledem k množství strojů a jejich příslušenství je důležité dbát na pečlivém vedení záznamů provedené údržby.

Mechanická údržba, ale i elektro-údržba mají svůj sklad motorů, strojních částí a náhradních dílů. Vedení evidence v elektronické podobě (editorem Excel) je využíváno hlavně elektro-údržbou, kde je veden soupis náhradních elektromotorů a ručního náradí a spotřebičů, na kterých se provádějí pravidelné revize.

Vedoucí technik údržby mechanické části vede záznamy o strojích a náhradních dílech pouze v ručně psaných knihách. Knihy jsou nepřehledné a je problematické do nich zanášet provedené změny a inovace ve strojním vybavení firmy. Stejně tak je obtížné sledovat aktuální stav skladu náhradních dílů, ložisek a motorů. Při náhlých poruchách se občas stane, že náhradní díl zkrátka chybí. Délka opravy a s ní spojený prostoj výrobní linky se tak prodlužuje.

3.2.3 Nákup materiálu a náhradních dílů

V současné době se o nákup náhradních dílů, materiálu a technického vybavení stará nákupní oddělení podniku. Na nákupní oddělení se vztahují požadavky ke koupi hmotného majetku ve výši nad 15 tisíc korun. Pracovníky nákupu je provedena poptávka požadovaného objektu a na základě srovnání cenové hladiny jednotlivých výrobců bývá zpravidla vybírán produkt s nejnižší cenou.

Dříve funkci nákupních zastávali vedoucí pracovníci jednotlivých technických oddělení, kteří měli přímé zkušenosti s kvalitou používaných dílů, navíc své práci v oboru rozuměli, takže se souběžně vyřešila i technická specifika objednávek.

Tato fungující metoda objednávek se změnila v době rozšíření pracovních kapacit nákupního oddělení s úkolem ekonomičtějšího nákupu. Finance byly sice ušetřeny v době koupi výrobku, jenže zkušenosti ukazují, že kvalita těchto výrobků je poddimenzována. Dochází díky tomu k ještě častějším odstávkám provozu, přesčasovým hodinám pracovníků údržeb a ve finále se celý proces spíše prodražuje.

Aktuální situace je taková, že nákupní oddělení firmy si při nákupu hmotného majetku do výrobní technologie nechává doporučovat ověřené výrobce, se kterými mají zkušenosti právě vedoucí technici a pracovníci jednotlivých úseků údržby. Systém řízení nákupu je tedy poměrně komplikovaný.

4 Inovativní návrh struktury údržby a jejího řízení

4.1 Souhrn základních problémů v systému údržby

- **Špatný systém provádění údržby**

Pozorováním současného stavu provádění údržby na provozních linkách lze dospět k názoru, že míra zavedení automatizace je stále nedostatečná. Počet pracovníků obsluhy je vzhledem k velikosti a náročnosti tohoto typu provozu poddimenzován. Inspekční prohlídky jsou prováděny nedůkladně, péče o investiční majetek je minimální a opravy, které je třeba provádět důsledně jsou vykonávány co nejrychlejší formou, tak aby provozní linka zahájila výrobu v co nejkratším čase po poruše.

Díky těmto nedostatkům v provádění údržby pak pracovníci údržeb připomínají spíše hasiče zasahující při požáru.

- **Nedostatečná informovanost o stavu zařízení**

Obsluha je vždy prvním článkem řetězu nejen v předávání informací o vzniklých závadách, ale hlavně ve vyhledávání potenciálních možností vzniku závad. Pracovníci obsluhy by měli nacházet abnormality v chodu stroje a provozní linky a předávat je vedoucím pracovníků nebo pracovníkům údržby.

Tato situace nastává jen zřídka, protože spojení těžkého provozu úpravny vápence v kombinaci s nedostatkem pracovníků obsluhy tento základní systém údržby málokdy umožňuje. Základní pilíř k zajištění správné funkčnosti procesu údržby tak zcela chybí a není možné plánovat prediktivní údržbu na dostatečné úrovni.

- **Vedení technické dokumentace**

Stávající dokumentace vedená zejména v papírové podobě k jednotlivým strojům a zařízením bývá po letech ve špatném stavu. Týká se to nejen elektro-dokumentace staršího data, která nebyla dosud převedena do elektronické podoby. Chybějící listy, místy nečitelný text, poškození způsobené používáním v nepříznivých podmínkách těžkého provozu. To jsou hlavní důvody, které znesnadňují orientaci v dokumentaci a vyhledávání závad. Elektrikáři pak hledají závady formou měření „po slepu“ a vyřešení poruchového stavu trvá mnohonásobně déle.

4.2 Inovativní návrh řízení procesu údržby

Zavedení informačního systému údržby firmy Synergit s. r. o.

Komplexní a specializovaný systém k řízení údržby by jistě zefektivnil a urychlil práci jak řídícím pracovníků tak i samotným údržbářům. Systém k řízení údržby firmy Synergit, s. r. o. má zabudovaný dokumentační systém, databázi zásob náhradních dílů a umožňuje efektivní řízení údržby například i díky mobilním aplikacím.

Společnost se zabývá konzultacemi řízení údržby a výroby od roku 2000 a vyvinula svůj software pro systém řízení.

4.2.1 Popis informačního systému údržby firmy Synergit, s. r. o.

Software ISÚ sestává z několika modulů skrze které je zprostředkováno uživatelské rozhraní pracovního prostředí programu.

- **Stromová struktura zařízení**

Srdcem informačního systému je stromová struktura zařízení, kde je definována hierarchie středisek, linek, strojů a jejich modulů, klíčových dílů a provádění činností s údržbou spojených. Lze zde vytvářet a přiřazovat například revizní činnosti, inspekční kontroly a mazací plány. Sledovat stav skladových zásob lze díky automatizovanému doplňování dílů a součástí do systémové struktury programu. Tento proces je umožněn na základě výkazu údržby o použitých náhradních dílech. V případě nedostatku náhradních dílů dovede systém okamžitě upozornit na tento nežádoucí stav.

Samozřejmostí je přístup k historii provedených zásahů údržby v řádu několika let. Je tím umožněno sledování míry a délky zásahů údržby na jednotlivých zařízeních.

Díky evidenci použitých náhradních dílů je možné pozorovat kvalitu a životnost dílů vyráběných různými výrobci. Dle potřeby tak lze zkoušet nové cesty k zajištění vyšší spolehlivosti a životnosti strojů použitím dílů konkurenčních značek.

Stromová struktura zařízení viz „Příloha A“.

- **Plánování údržby**

Pro plánování údržby je k dispozici modul plánování, kde lze automaticky generovat periodické preventivní údržby po vypršení nastavené periody od posledního příkazu k dané činnosti. Nastavením dostatečného času upozornění před plánovanou údržbou lze činnost údržby přiřadit k plánovaným odstávkám a prostojům výroby.

Praktická ukázka modulu plánování údržby viz „Příloha B“.

- **Mobilní aplikace**

Pomocí mobilní aplikace je umožněno operativně a bez časových ztrát řešit činnost bez náročné administrace. To je realizováno přiložením k NFC čipu nebo sejmutím QR kódu. Lze tak během několika sekund zadat požadavek na opravu nebo jinou činnost spojenou se zařízením. Díky mobilní aplikaci je umožněno sledovat doby trvání jednotlivých činností, ukládat poznámky ohledně provedené práce a použitých náhradních dílů, navíc je okamžitě přístupná i dokumentace vázaná k udržovanému zařízení.

Grafické rozhraní mobilní aplikace viz „Příloha C“.

- **Databáze náhradních dílů**

Pohyb a skutečný aktuální stav skladovaných náhradních dílů lze kontrolovat tímto modulem. Díky vzájemné propojitelnosti na mobilní aplikace a provedené výkazy činnosti údržby systém automaticky generuje aktuální stav skladu. To je samozřejmě možné jen s důsledným uvedením o použitých náhradních dílech do systému. Spotřeba náhradních dílů je zapisována k zařízením, nebo jeho podřízeným součástem ze struktury zařízení. Identifikace náhradních dílu je možná opět jednoduše přes QR kód nebo čárový kód.

Prostředí databáze náhradních dílů viz „Příloha D“.

- **Připojování a správa dokumentace**

Do systému je možné vložit jakýkoliv soubor asociovaný na lokálním počítači s operačním systémem MS Windows. Lze tak připojit výrobní a technickou dokumentaci, pracovní postupy, schémata, fotky apod. Přístup k souborům je řízen dle nastavených uživatelských práv. Vložené dokumenty lze editovat, kdy se po každé editaci automatizovaně vytváří jednotlivé verze dokumentů. Je zaznamenána každá provedená změna, ale i každé otevření dokumentu k editaci jednotlivými uživateli.

Ukázka možnosti připojování dokumentace viz „Příloha E“

- **PC kiosek**

K doplnění provázanosti informačního systému údržby je možné pořídit PC kiosky, které usnadňují práci údržbářům se systémem i bez počítačových znalostí. Přes dotykové rozhraní je zobrazován zásobník nesplněných činností údržby naplánované pro jednotlivé pracovníky, profese, nebo útvary pracovníků. Tyto činnosti jde zahajovat a ukončovat s automatizovaným měřením času prováděné údržby nebo oprav. V kiosku je přístupná veškerá dokumentace k daným zařízením a lze s jeho pomocí i nahlašovat poruchy. Rozsahově se prostředí kiosku shoduje s mobilní aplikací.

Uživatelské prostředí kiosku viz „Příloha F“.

Zavedením tohoto informačního systému údržby by se otevřela cesta k lepšímu způsobu řízení procesu údržby. Zpřístupnění systému vedoucím pracovníkům údržby a samotným údržbářům by přispělo k větší motivaci digitalizovat stávající technickou dokumentaci a udržovat ji na dobré úrovni vždy aktualizovanou.

Díky „online“ evidenci náhradních dílů by se podařilo úplně eliminovat stavy, kdy nedopatřením náhradní díl chybí a na výrobní lince nastává prostoj spojený s dohledáváním náhradního dílu.

Plánováním veškeré údržby a důsledným zanášením informací o provedené údržbě a opravách s veškerými poznámkami o stavu zařízení a strojů by měl systém údržby jasně definovanou podobu. V dlouhodobém hledisku by se zviditelnila kritická místa výrobních strojů a kvalita používaných náhradních komponent.

Pracovníci pověřeni vedením a řízením údržby by byli schopni okamžitě reagovat na vzniklé situace, zavádět nová opatření, postupy a koordinovat kupované náhradní díly.

4.2.2 Návrhy ke zvýšení kvality vstupních informací pro údržbu

- **Personální stav obsluhy a údržby**

Jak už bylo výše uvedeno, získávání vstupních informací je klíčové pro celkový proces provádění údržby v podniku. Dobrá spolupráce mezi pracovníky obsluhy a údržby je základem pro plánování prediktivní údržby a správné a včasné funkčnosti údržby. Obsluha by měla získat lepší vztah k obsluhovaným zařízením a více si všímat abnormalit ve funkci jednotlivých strojů. To ale nebude možné, pokud nedojde k navýšení personálního stavu obsluhy zařízení a pracovníků údržby. Zejména v plánovaných odstávkách za účelem oprav nalezených závad tyto kapacity chybí. Pracovníci údržby se sice snaží udržet kvalitu provedené práce, ale není jich dostatečný počet pro efektivnější využití odstávky provozní linky. V krátkém časovém úseku se tak provede jen údržba zařízení s nejvyšší prioritou. Zbývající část provozních zařízení, vyžadujících také zvýšenou péči, tak zůstávají na pospas metodě oprav po poruše.

- **Systém centrálního mazání**

Rozšíření systému centrálního mazání do míst, která jsou zatím stále obsluhována ručně, by zjednodušilo práci pracovníkům ve výrobě. Spíše než samotnému mazání by se mohli více věnovat čistotě mazacích tuků a okolí mazaných míst, což je jedno z nejdůležitějších kritérií pro udržení dlouhé životnosti namáhaných ploch.

- **Využití technické diagnostiky**

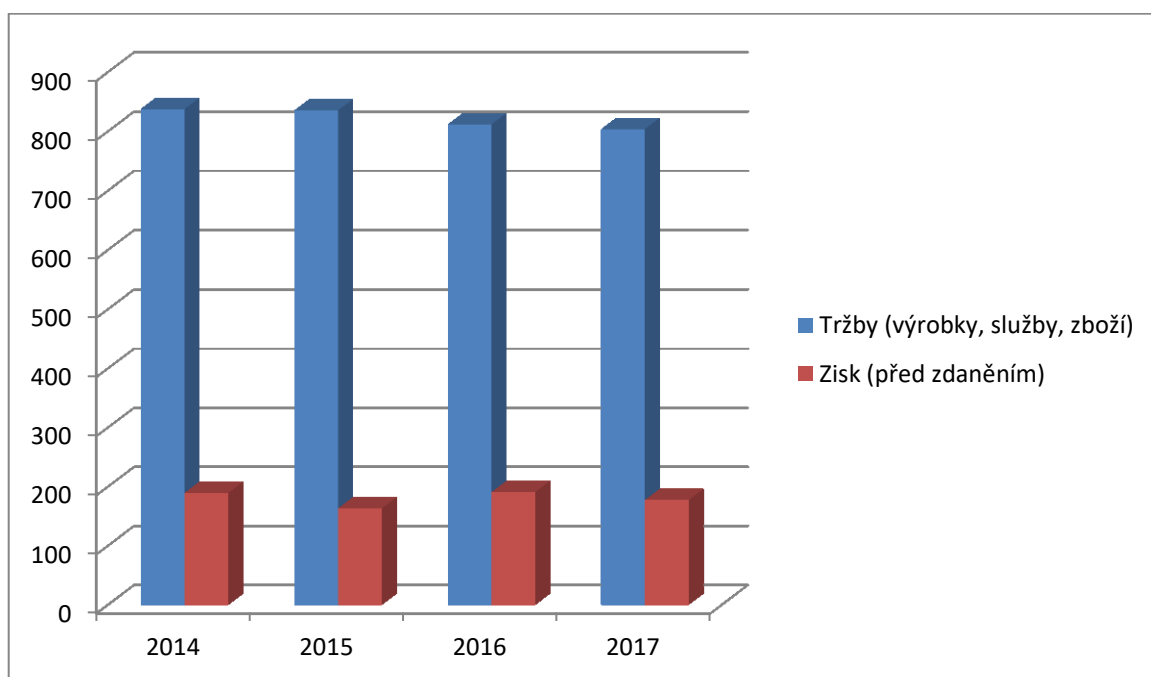
Jednou z dalších možných variant k cestě za vyšší spolehlivostí zařízení ve výrobní technologii je zavedení větší míry tribodiagnostiky. Využívání těchto technických prostředků je v podniku zavedeno jen v minimální míře.

Například vibrodiagnostika je dnes hojně využívána ke sledování stavu ložisek. Digitálním zpracováním a vyhodnocením signálů od snímačů, které jsou umístěny na sledovaných místech konstrukce strojů, lze určit čas nastávající poruchy stroje. Díky tomu

je možné s dostatečnou časovou rezervou plánovat prediktivní údržbu a efektivně tak využívat každý prostoj výrobní linky.

5 Technické a ekonomické hodnocení návrhu

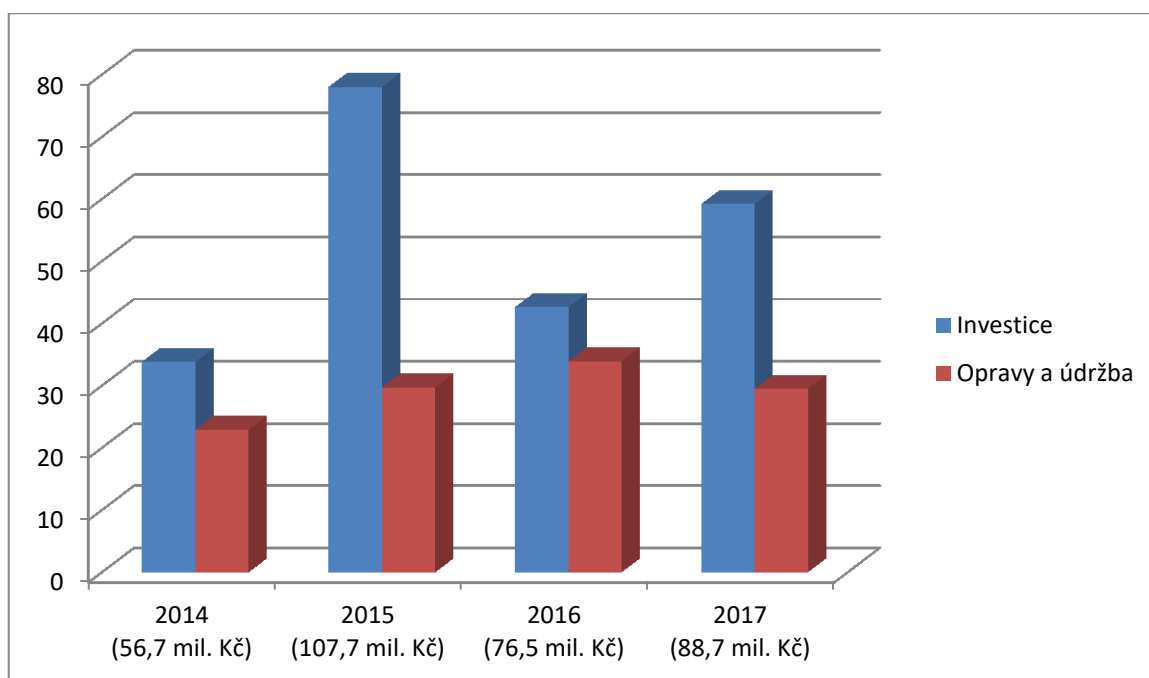
Zohlednění ekonomických výsledků firmy Vápenka Vitošov, s. r. o. za poslední čtyři roky ukazuje firmu ve velmi dobrých ekonomických výsledcích. Tuto dobrou ekonomickou situaci si navíc firma udržuje již léta.



Obrázek 7 – Graf tržeb a zisků za poslední 4 roky (tis. Kč)

Výše uvedený graf ukazuje tržby a zisky před zdaněním v průběhu posledních 4 let. Průměrná výše roční tržby v tomto období činí 837 866 tis. Kč a průměrný roční zisk před zdaněním je 180 422 tis. Kč.

Finanční prostředky vložené do investic, oprav a udržování se každým rokem mění. Přihlíží se vždy k aktuálním potřebám podniku, navíc ne všechny nutné investice a opravy lze předem naplánovat díky stáří a opotřebovanosti výrobních zařízení. Pod tímto textem je uveden graf, který shrnuje finance vkládané do investic, oprav a údržby. Částky se každým rokem mění a rekordní je rok 2015, kdy došlo k rekonstrukci pece č. 1.



Obrázek 8 – srovnání investičních nákladů s náklady vloženými do oprav a údržby

Pokud je brán v potaz stávající počet zaměstnanců v úseku údržby, včetně vedoucích pracovníků a mistrů, tak se z nabídky možných variant informačního systému firmy Synergit, s. r. o. jeví jako ideální verze „Enterprise“. Ta je komfortním základem pro systém provozovaný na vlastní infrastruktuře a její cena činí 150 tis. Kč. Konzultací s ředitelem společnosti Synergit, s. r. o., kdy byly zohledněny implementační služby – tedy instalace, importy dat a vzdálená podpora při implementaci, lze očekávat konečnou cenu produktu v rozmezí 250 – 300 tis. Kč.

Vzhledem k výše uvedeným ekonomickým výsledkům firmy se nejedná o zanedbatelnou částku. Nicméně vzhledem ke každoročním ziskům a míře proinvestovaných finančních prostředků je tato částka stále přijatelná.

Technická stránka správné funkčnosti ovšem musí být zabezpečena už od samotného začátku, tedy správnou implementací za pomoci techniků firmy Synergit, s. r. o. a zaškolením techniků, kteří budou daný software využívat. Právě míra dokonalosti technického využití tohoto systému závisí na důslednosti jeho správného využívání.

6 Závěr

První polovina bakalářské práce je věnována právě teoretickým poznatkům z oblasti údržby a péče o technická zařízení. Uvedením základních pojmů z oblasti spolehlivosti technických zařízení a metod řízení systémů údržby si tak může i nezasvěcený čtenář udělat základní přehled o řešené problematice. Tuto problematiku ale není možné shrnout pár stránkami textu, neboť v poslední době dochází k velkému rozmachu používání informačních technologií ve spojení s technickou diagnostikou. Díky tomu dnešní vrcholové výrobní firmy dovedou řídit systém údržby na úrovni, která jim umožňuje udržet plynulost svých výrobních linek v maximální možné míře a minimalizovat tak neplánované odstávky.

Právě neplánované odstávky provozu výrobní linky a způsob provádění procesu údržby a oprav ve firmě Vápenka Vitošov, s. r. o. byly předmětem analýzy této práce. Rozbor současného stavu, ve kterém se nachází podnik Vápenka Vitošov, s. r. o. analyzuje systém řízení a provádění údržby v podniku. Uvedeny jsou však i základní informace o společnosti, popis výrobní technologie a organizační struktura podniku.

Díky provedené analýze a sběru informací bylo možné nalézt nedostatky, kterých je v systému údržby tohoto podniku nemálo. Způsob provádění oprav, plánování prediktivní údržby nebo vedení technické dokumentace ukázalo skutečnost o tom, že řízení procesu údržby v této firmě velmi zaostává za moderními postupy a poznatky současné doby.

Jako hlavní inovativní návrh se ukázalo použití informačního systému údržby. Správnou implementací a korektním využíváním tohoto systému by se podařilo nastolit vyšší úroveň využívané technické dokumentace, plánování údržby a důkladné vedení evidence o skladových zásobách náhradních dílů. ISÚ by zabezpečil dobrý základ pro vývoj údržby směrem k fungujícímu systému TPM, který je v dnešní době považován za nejefektivnější metodu řízení údržby. Seznámení s informačním systémem údržby je vypracováno včetně doprovodných příloh v samostatné kapitole. V další kapitole je uveden souhrn ostatních problémů údržby, které byly při provádění analýzy nepřehlédnutelné.

Technickým a ekonomickým hodnocením je uzavřena tato bakalářská práce. Inovativní návrh byl posouzen ve spojitosti s ekonomickými výsledky společnosti Vápenka Vitošov, s. r. o. Výrobní společnost zaměstnávající 163 zaměstnanců vykazuje již

léta velmi dobré ekonomické výsledky a investice do informačního systému údržby by tak neměla být žádným způsobem limitována.

V posledních letech se zde proces údržby až na pár maličností v podstatě nezměnil. Stále převládá neekonomická charakteristika metod oprav po poruše se všemi svými negativy. Provozní linky jsou provozovány s častými a dlouhými výlukami ve výrobě, které jsou způsobovány hlavně nečekanými poruchami strojů.

Dosavadní vedoucí pracovníci disponovali mylnými představami o správném fungování údržby. Místo ke zvyšování technické a finanční podpory tohoto podstatného úseku výroby docházelo naopak k jeho „utahování“. Změnami ve vrcholovém managementu společnosti v nedávné době by mohlo dojít i k rozdílnému vnímání úseku údržby – vyhledávání argumentů a důvodů k větší finanční a technické podpoře tohoto útvaru. Neboť „ušetřená koruna v údržbě znamená o korunu vyšší zisk, ale správně použitá koruna v údržbě může znamenat mnohonásobně více“.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Jiřímu Hrubému, CSc. za připomínky, rady a spolupráci při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Kutalovi za poskytnutí technických podkladů a času, který mi věnoval. V neposlední řadě patří mé srdečné díky rodině a přítelkyni, kteří mi byli po celou dobu studia pevnou oporou.

7 Použitá literatura

1. VOŠTOVÁ, Věra, František HELEBRANT a Karel JEŘÁBEK: *Provoz a údržba strojů*. II. část, Údržba strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 4 s. ISBN 80-01-02531-4.
2. STARÝ Ivan: *Teorie spolehlivosti*. Ediční středisko ČVUT, Praha I, Husova 5. 7 s.
3. LEGÁT, Václav: *Management a inženýrství údržby*. Druhé doplněné vydání. Praha: Kamil Mařík - Professional Publishing, 2016. 265 s. ISBN 978-80-7431-163-5.
4. VOŠTOVÁ, Věra, František HELEBRANT a Karel JEŘÁBEK: *Provoz a údržba strojů*. II. část, Údržba strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 6 s. ISBN 80-01-02531-4.
5. VOŠTOVÁ, Věra, František HELEBRANT a Karel JEŘÁBEK: *Provoz a údržba strojů*. II. část, Údržba strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 7 s. ISBN 80-01-02531-4.
6. BURKOVÍČ, Jan: *Provoz a údržba RTP*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 73s. ISBN 80-248-1222-3.
7. LEGÁT, Václav: *Management a inženýrství údržby*. Praha: Professional Publishing, 2013. 146s. ISBN 978-80-7431-119-2.

Internet:

<https://www.synergit.cz>

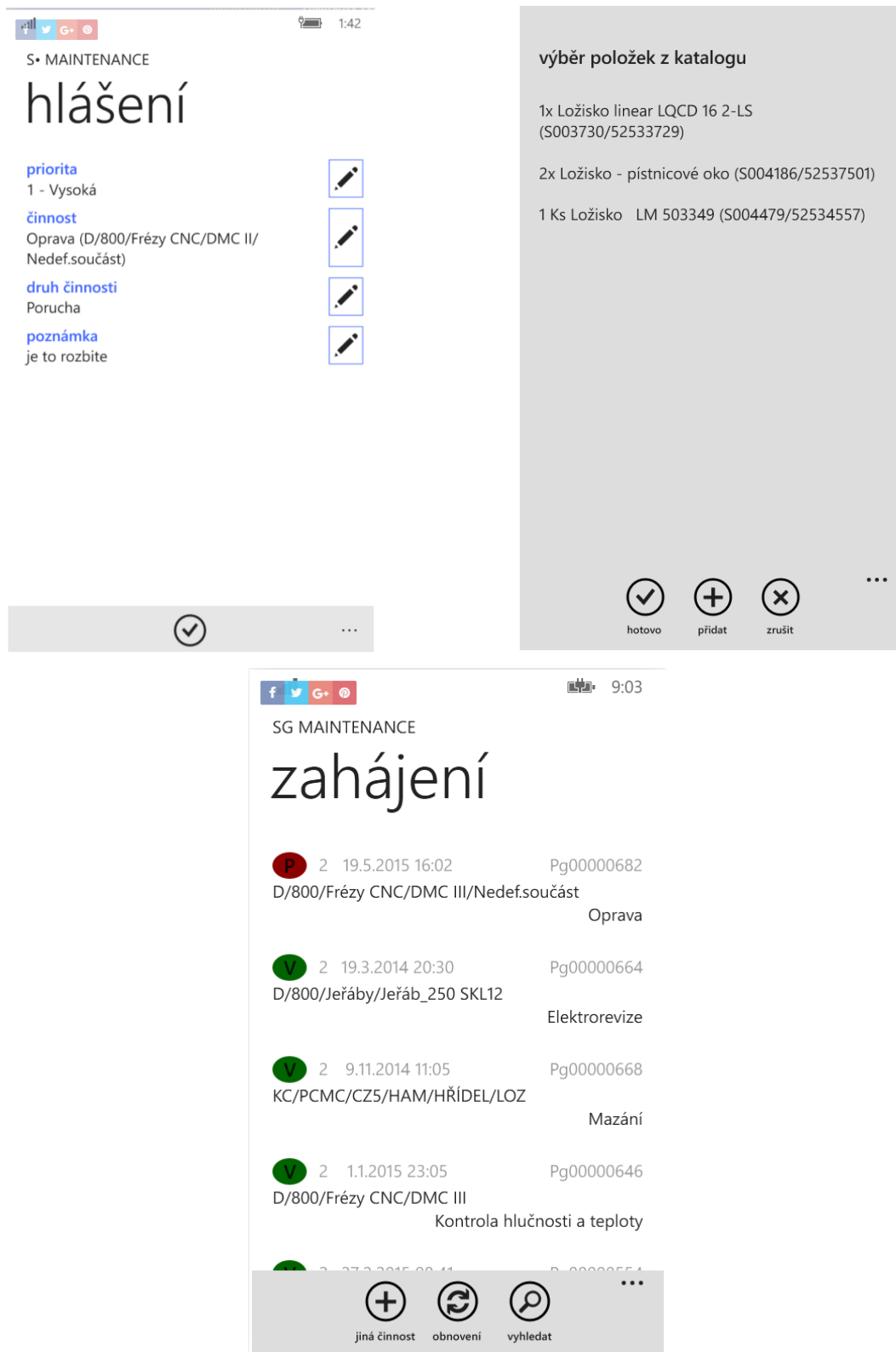
<https://www.vitosov.cz>

Příloha A – Stromová struktura zařízení

m S-MAINTENANCE - [Struktura zařízení]															
Moduly	Úpravy	Správa	Okno	Nápověda											
Start	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Primární struktura linek	KófenVše				Aktivní platnost 17.06.2016										
Název	Kód IS	Řádek	Komponen	Mno	Je	Nor	Jed	Kód ve struktuře	DMS	Trvalý	Kód	Frekv	Jedno	Odchylka	Toleranc
Demo			JEDNOTKA	Ks				STR0003		<input type="checkbox"/>					
Skladové položky bez určení			SKLAD					SKL0001		<input type="checkbox"/>					
500 středisko		A	STŘEDISKO					STR0004	1	<input type="checkbox"/>					
600 středisko		B	STŘEDISKO					STR0005		<input type="checkbox"/>					
700 středisko		C	STŘEDISKO					STR0006		<input type="checkbox"/>					
800 Středisko		D	STŘEDISKO					STR0007		<input type="checkbox"/>					
Frézy CNC		1	SSTROUŠ					SLO0005		<input type="checkbox"/>					
Fréza DMC I 65V	987789123	A	STROJ					STO0001	1	<input type="checkbox"/>					20
Fréza DMC II 65V	987789124	B	STROJ					STO0026	1	<input type="checkbox"/>					20
Elektroreviz			ČINNOST	1	Hod	1,00		U114116	1	<input checked="" type="checkbox"/>	ČV	365	Den	306	30
Odečet počtu výrobků		A	ČINNOST		Pro	10,00	Min	U113230	1	<input checked="" type="checkbox"/>	ČVO	2	Týden	-24	
Odečet motohodin		A	ČINNOST		Pro	10,00	Min	U113183	1	<input checked="" type="checkbox"/>	ČV	5	Den	-179	0
Preventivní prohlídka		0	ČINNOST		25,00	Min		U113041		<input checked="" type="checkbox"/>	ČP	10	Den	-49	2
Proškolení obsluhy - bezpečnost		0	ČINNOST		30,00	Min		U113020	1	<input type="checkbox"/>					
Modifikace Zařízení		0	ČINNOST		1,25	Hod		U113019		<input type="checkbox"/>					
Nedefinovaná součást		1	NEDEF SOUČ		Ks			DN00001		<input type="checkbox"/>					
Sledované díly		3	DÍL		1	Ks		D030009		<input type="checkbox"/>					
Ložisko 1306 K	13000721	2	DÍL		3	Ks		D029963		<input checked="" type="checkbox"/>					
Ložisko 1307	13000729	1	VARIANTA		3	Ks		VM00052		<input type="checkbox"/>					
Ložisko LM 503349	52534557	2	VARIANTA		2	Ks		VM00050		<input type="checkbox"/>					
Ložisko 6008 2RS	52533052	3	VARIANTA		3			VM00049		<input type="checkbox"/>					
Oprava		A	ČINNOST					U114117		<input type="checkbox"/>					
Seřízení		B	ČINNOST		30,00	Min		U113107		<input checked="" type="checkbox"/>	ČVO	1	Den	-59	
Výměna		B	ČINNOST		45,00	Min		U113108	3	<input checked="" type="checkbox"/>	ČVO	180	Den	120	
Mazání		C	ČINNOST		15,00	Min		U113106		<input checked="" type="checkbox"/>	ČVO	60	Den	0	5
Kontrola		D	ČINNOST		20,00	Min		U113105		<input checked="" type="checkbox"/>	ČVO	30	Den	-30	10
Čištění		E	ČINNOST					U113149		<input type="checkbox"/>					

47

Příloha C – Grafické rozhraní mobilní aplikace



Příloha D – Prostředí databáze náhradních dílů

m-S&MAINTENANCE - [Dokumenty]

Moduly Úpravy Správa Okno Nápvěda

Start

Skupina

Číslo dokumentu	Název	Soubor	Poslední Přípona	Přípona	Poznámka	Verze	Počet vazeb	Podepsáno	Moje n Podpisov
+ Skupina : Fotografie									
+ Skupina : Generované									
- Skupina : Generované šablony									
DMS0000001	Přikaz V - 2012	Přikaz V - 2012	DOC			1	1	0	0
DMS0000002	Rámcové svářečecí povolení 2012	Rámcové svářečecí povolení 2012	DOC			1	0	0	0
DMS0000004	SMLOUVA_PROVOZOVÁNÍ	SMLOUVA_PROVOZOVÁNÍ	DOCK			1	0	0	0
+ Skupina : HZSp podepisované									
+ Skupina : Návodý a manuály									
+ Skupina : PLC programy									
- Skupina : Podepisované									
DMS00000025	Pokyny bezpečnosti práce na pracovišti	BezpecnostPrace_DMS00000025_Z00000	PDF			1	1	0	0
DMS00000039	Přikaz V - 2012	Přikaz V - 2012_DMS00000039	DOC			1	0	0	0
DMS00000033	Rámcové svářečecí povolení 2012	Rámcové svářečecí povolení 2012_DMS000	DOC			1	1	0	0
DMS00000034	Rámcové svářečecí povolení 2012	Rámcové svářečecí povolení 2012_DMS000	DOC			1	1	0	0
DMS00000038	Revize VTZ	Revize_DMS00000038	XLS			1	0	0	0
DMS00000036	Svářečecí povolení - 2012	Svářečecí povolení - 2012_DMS00000036_1	DOC			1	1	0	0
DMS00000005	TestWordReport_2	TestWordReport_2_DMSS0000005_15611	DOCK			1	1	0	0
+ Skupina : Podepisované šablony									
+ Skupina : Pokyny									
- Skupina : Revizní zprávy									
DMS00000032	E.09.Elektrická požární signalizace	E.09.Elektrická požární signalizace	PDF			1	1	0	0
DMS00000030	E.11 S.04 čerp.stanice	E.11 S.04 čerp.stanice	PDF			2	2	0	0
DMS00000031	E.22 J.13 Chemická služba HZSp	E.22 J.13 Chemická služba HZSp	PDF			1	0	0	0
DMS00000012	Zpracované výpisy	Zpracované výpisy	..			1	1	0	0

SGDATABASE - Maintenance MASTER SG administrator 28.06.2016 13:37:23




Příloha D - Uživatelské prostředí kiosku

SGM Kiosek (2.19.1.0) - [BOREK-ULTRA] - Zahájení činnosti výběrem

D 800 Frézy CNC DMC II

Zkratka	Název	Činnost
Nedef.součást	Nedefinovaná součást	Elektrorevize
Sledované díly	Sledované díly	Odečet počtu výrobků
		Odečet motohodin
		Modifikace Zařízení
		Proškolení obsluhy - bez...

Fréza DMC II 65V (987789124) 1 / 1 1 / 1

 Zpět  Vyhledat  Zahájit

Příloha F – Vápenka Vitošov, s. r. o.

